

# TUOTANTOLAITOKSEN VESI- TASE

Case: St1 Renewable Energy Oy

## Tiivistelmä

Tekijä(t) Räty Ilkka	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Valmistumisaika Kevät 2018
	Sivumäärä 22	
Työn nimi <b>Tuotantolaitoksen vesitase</b> <b>Case: St1 Renewable Energy Oy</b>		
Tutkinto Energia- ja ympäristötekniikka		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää St1 Renewable Energy Oy:n Hämeenlinnan bioetanolintuotantolaitoksen vesitase, tutkia teoreettisen taseen ja toteuman eroavaisuudet sekä määrittää merkittävimmät vesitaseen optimoinnin toimenpiteet.</p> <p>Työssä tarkistettiin laitoksen tulevat ja lähtevät vesimäärät, sisäiset kierrot sekä höyryjärjestelmä. Tutkimuksissa hyödynnettiin prosessinajo-ohjelmia, piirikaavioita, raportteja sekä henkilökunnan haastatteluja.</p> <p>Tutkimuksien perusteella havaittiin, että laitoksella on paikoitellen puutteita virtauksien mittaamisessa, ja käytetyt vesimäärät eroavat teoreettisesta taseesta. Puutteellisista mittauksista johtuen työn toteuttamisessa jouduttiin tekemään arvioita, jotka vaikuttavat tuloksiin.</p> <p>Vedenkulutus ja jäteveden määrä ovat suuria kulueriä teollisuuden laitoksille, joten optimointi on tärkeää. Suoran taloudellisen hyödyn lisäksi, tuotantolaitoksen raaka-aineen vastaanottokapasiteettiä pystytään kasvattamaan, kun ylimääräistä vedenkäyttöä vähennetään.</p>		
Avainsanat vesitase, vedenkäyttö, bioetanol		

## Abstract

Author(s) Räty Ilkka	Type of publication Bachelor's thesis	Published Spring 2018
	Number of pages 22	
Title of publication <b>Water mass balance of a production plant</b> <b>Case: St1 Renewable Energy Ltd.</b>		
Name of Degree Bachelor's Degree in energy and environmental technology		
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to examine the water mass balance of a bioethanolplant of St1 Renewable Energy Ltd, to study the main differences between the theoretical and actual waterflows and to determine the most significant ways to optimize the water use of the plant.</p> <p>The inflowing and outflowing water masses were calculated and the internal circulations and steam system were checked in order to quantify the mass balance of the plant. Throughout the studies, operational software, circuit diagrams, environmental reports and interviews of the personnel were used to accomplish the aims.</p> <p>Based on the studies, it is notable that there is a large number of immense flows in the process. Also, there is a notable gap between the theoretical and actual mass balance. Due to the lack of indicators, it was necessary to make estimations in order to get an image of the mass balance. These estimates affect the results.</p> <p>Water usage and the amount of produced waste water are significant expenditures for industrial plants so optimizing these flows is important. In addition to direct financial benefits, minimizing the excessive water use may lead to the possibility of increasing the capacity of raw material intake.</p>		
Keywords water mass balance, water usage, bioethanol		

## SISÄLLYS

### SYMBOLILUETTELO

1	JOHDANTO .....	1
2	ST1 NORDIC OY .....	2
2.1	St1 Renewable Energy Oy.....	2
2.2	Hämeenlinnan Bionolix™ -tuotantolaitos.....	3
3	UUSIUTUVA ENERGIA .....	5
3.1	Päästötavoitteet.....	5
3.2	Bioetanoli.....	5
4	VEDENKÄYTTÖ TEOLLISUUDESSA .....	7
4.1	Vedenkäyttö ja sen sääntely .....	7
4.2	Vedenkäyttö tuotantolaitoksissa.....	8
5	VESITASELASKENTA TUOTANNON TUKENA .....	10
5.1	Hyödyt .....	10
5.2	Käytetyt menetelmät .....	10
6	BIONOLIX™ –LAITOKSEN VEDENKÄYTTÖ.....	13
6.1	Tulevat virtaamat .....	13
6.1.1	Raaka-aineet ja kemikaalit.....	13
6.1.2	Raakavesi.....	13
6.1.3	Höyry .....	14
6.2	Lähtevät virtaamat .....	15
6.2.1	Tuotteet ja sivutuotteet .....	15
6.2.2	Rejektit ja jätevesi.....	16
7	TULOKSET .....	17
7.1	Vedenkäyttökohteiden kartoitus.....	17
7.2	Taseen tarkastus .....	17
7.3	Kehityskohteet .....	18
8	YHTEENVETO .....	20
	LÄHTEET .....	21

## SYMBOLILUETTELO

### Lyhenteet

BAT	Paras käyttökelpoinen tekniikka, Best available technique
CHP	Energiantuotantoyksikkö, Combined heat and power
CIP	Pesutekniikka, Clean-in-place
MVR	Jäteveden haihdutustekniikka, Mechanical Vapor Recompression

## 1 JOHDANTO

Vedenkäyttö lisääntyy maailmassa jatkuvasti. Väestönkasvusta ja ilmastonmuutoksesta johtuva muuttoliikenne kuormittaa tulevaisuudessa enenevissä määrin myös runsaat vesivarat omistavia valtioita, ja veden riittävydestä uskotaankin tulevan valtava ympäristöongelma. Suomessa teollisuus vastaa noin puolesta koko maan vedenkulutuksesta, joten kyseisen sektorin vedenkäytön optimointi on tärkeää.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi muun muassa uusiutuvaa energiaa tuottava suomalainen energiayhtiö St1 Renewable Energy Oy. Aiemmin yrityksen toimipaikalla Hämeenlinnassa oli tehty teoreettinen taselaskenta, joka kattoi myös veden kulutuksen ja jäteveden tuottamisen. Teoreettisessa taseessa oli kuitenkin havaittu eroa toteumaan, joten syitä eroavaisuuksiin ja mahdollisia vedenkäytön optimointikeinoja oli syytä tutkia.

Työn tausta-aineistona käytettiin teoreettista taselaskelmaa, toteutuneita vedenkulutus- ja jätevesilukemia sekä piirikaaviota ja prosessinajo-ohjelmia. Lisäksi opinnäytetyön tekemisessä hyödynnettiin ympäristö- ja laitosvastaavien sekä tuotantopäällikön tietotaitoa. Vesi-taselaskennan tueksi työssä tutustuttiin höyryjärjestelmiin ja höyryn ominaisuuksiin, kuten lauhtumiseen, energiataseisiin ja -tehokkuuteen sekä vedenkulutukseen teollisuudessa. Lisäksi kartoitettiin vedenkäytön sääntelyyn vaikuttavia syitä ja tahoja. Lähteinä teoreettiselle tiedolle käytettiin internet- ja kirjallisuuslähteitä.

Tuotantolaitosten vedenkäyttöä optimoimalla voidaan vastaanotettavan raaka-aineen määrää kasvattaa, jolloin tuotantopotentiaali kasvaa. Lisäksi ylimääräisestä vedestä aiheutuva kuormitus pienentää laitoksen energiatehokkuutta. Vedenhankinta ja jätevedenkäsittely myös aiheuttavat suurille tuotantoyrityksille huomattavia kustannuksia, joiden minimointi luo suoria taloudellisia hyötyjä.

## 2 ST1 NORDIC OY

St1 Nordic Oy on suomalainen energiayhtiö, jonka visiona on olla johtava CO<sub>2</sub> –hyvän energian valmistaja ja myyjä. Konsernilla on toimintaa Suomessa, Ruotsissa sekä Norjassa. St1 Nordic Oy työllistää noin 500 henkilöä, ja konsernin liikevaihto oli vuonna 2017 5099,8 M€ liikevoiton ollessa 176,6 M€. (St1 Nordic Oy 2018.)

Yritystoiminnan pääpaino on nestemäisten polttoaineiden tuottaminen ja jakelu. St1:llä on edellä mainituissa valtioissa jakeluasemaverkostot St1 ja Shell – liikemerkeillä, ja se on yksi Pohjoismaiden suurimmista polttoaineenjakelijoista noin 1400 asemallaan. St1:n markkinaosuus Suomessa oli vuonna 2016 bensiinillä 21,9 %, dieselillä 18,7 % ja kevyellä polttoöljyllä 23,2 %. Korkeaseosetanolia yhtiö jakelee Suomessa noin 50:llä St1 ja Shell – asemalla. (St1 Nordic Oy 2018.)

St1 Nordic Oy:n tytäryhtiö St1 Renewable Energy Oy valmistaa bioetanolia liikennekäyttöön, St1 Deep Heat Oy geotermistä lämpöä ja osakkuusyhtiö Tuuliwatti Oy tuulivoimaa. Lisäksi St1:llä on öljynjalostamo Göteborgissa, Ruotsissa. (St1 2018a.)

### 2.1 St1 Renewable Energy Oy

St1 Nordic Oy:n tytäryhtiö St1 Renewable Energy Oy perustettiin vuonna 2006. Tavoitteena on korvata fossiilisia polttoaineita, kestäväällä ja tuottoisalla tavalla. Etanolintuotantoprosessi on lähes hiilineutraalia, sillä prosessin vaatima lämpö ja energia tehdään uusiutuvalla energialla. Lisäksi hajautetun tuotannon johdosta, raaka-ainetta ei tarvitse kuljettaa pitkiä matkoja, vaan laitokset on perustettu raaka-aineen syntypaikalle. (St1 Biofuels Oy 2018a; St1 Biofuels Oy 2018b; St1 Biofuels Oy 2018c.)

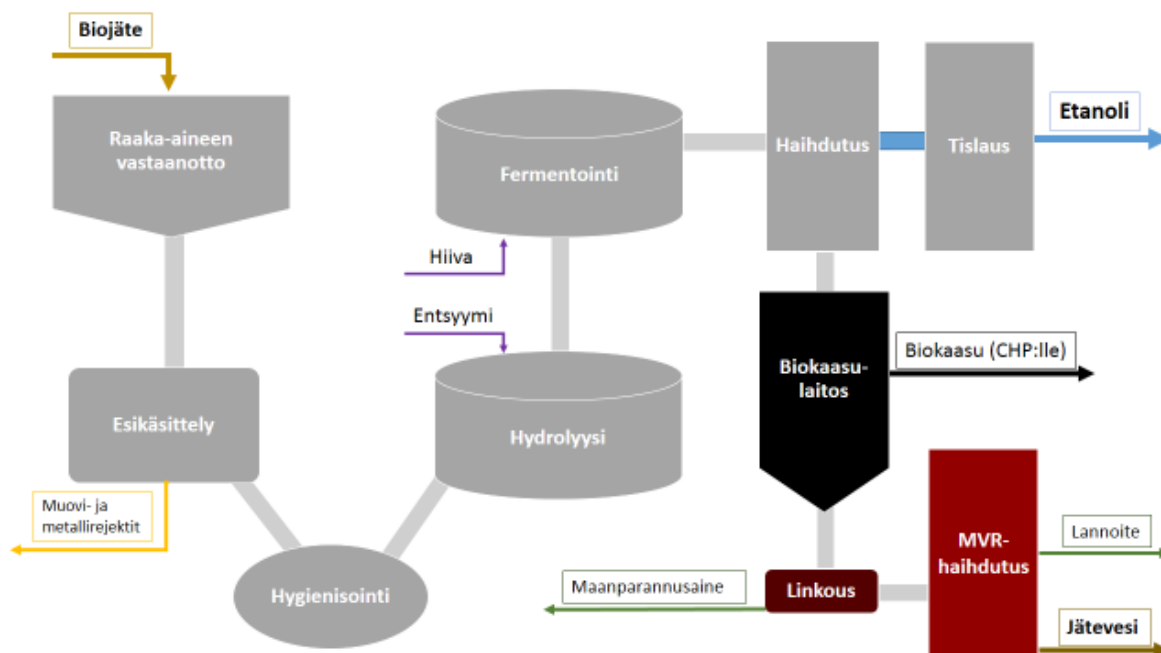
St1 Renewable Energy Oy:llä on Suomessa neljä Etanolix® -laitosta: Jokioisilla, Vantaalla, Lahdessa ja Haminassa sekä yksi Bionolix™ -laitos Hämeenlinnassa. Lisäksi yksi Etanolix® -laitos on perustettu Göteborgiin.

Laitokset tuottavat bensiiniin ja dieseliin biokomponentiksi sekoitettavaa bioetanolia. Etanolilaitokset ottavat vastaan monenlaista raaka-ainetta, muun muassa kotitalouksien biojätettä, leipomo- ja makeisteollisuuden jätettä, kauppojen pilaantunutta leipää sekä juomateollisuuden sivuvirtoja. (St1 2018a.)

Yrityksen uusiin konsepti, Cellunolix®, valmistaa bioetanolia sahateollisuuden lignoselluloosapohjaisesta jätteestä. Kyseessä on ensimmäinen sahanpurusta bioetanolia valmistava laitos maailmassa. (St1 2018b.)

## 2.2 Hämeenlinnan Bionolix™ -tuotantolaitos

St1 Renewable Energy Oy:n Hämeenlinnan tuotantolaitos sijaitsee Karanojan jätteenkäsittelyalueella. Kiertokapula Oy:n kanssa yhteistyössä toimiva laitos valmistaa bioetanolia patentoidulla Bionolix™-prosessilla. Laitokselle vastaanotetaan erilliskerättyä biojätettä, sokeri-, makeis- ja leipomoteollisuuden jätteitä sekä soijamelassia, joista valmistetaan käymisprosessilla noin 87-prosenttista bioetanolia, yhteensä noin 850 m<sup>3</sup> vuodessa (kuvio 1).



Kuvio 1. Biojättepohjaisen bioetanolin tuotantoprosessi

Vastaanotettu biojäte on peräisin kotitalouksista, kaupoista ja elintarviketeollisuudesta. Laitokselle vastaanotetaan erilliskerättyä biojätettä noin 11 400 tonnia, teollisuudessa syntyviä soijamelassia noin 1900 tonnia ja muuta biojätettä noin 900 tonnia vuodessa. Raaka-aine esikäsitellään ennen prosessiin ajoa, joten laitokselle pystytään vastaanottamaan muoviin pakattua elintarviketta. Myös EU:n sivutuotedirektiivin vaatimukset täyttyvät, joten kauppojen eläinperäiset 3-luokan sivutuotteet pystytään käsittelemään laitoksella. (St1 2018c.)

Muovin lisäksi esikäsittelyssä erotellaan jätteen joukosta metallit. Yhteensä muovin ja metallin osuus on noin 10 % vastaanotetusta raaka-aineesta. Rejektit ohjataan hyötykäyttöön Kiertokapulalle. (Etelä-Suomen Aluehallintovirasto 2012.)

Esikäsittelyn jälkeen raaka-aine ohjataan hydrolysointiin, jossa sen sisältämät sokerit pilkotaan, hiivalle helpommin käytettävään muotoon. Fermentointi- eli käymisvaiheessa pilkotut sokerit käytetään hiivan avulla etanoliksi.



Käymisliete ohjataan haihdutukseen, jossa siitä haihdutetaan etanolivesiseos. Noin 20-prosenttinen seos ohjataan tislaamoon. Tislaamon alipainekolonissa seoksesta haihdutetaan edelleen vettä, jolloin tuotteena syntyy noin 87-prosenttista etanolia. Etanoli kuljetetaan Haminan absolutointilaitokseen, jossa tuote väkevöidään noin 99,7-prosenttiseksi. Valmista bioetanolia käytetään bensiinin ja dieselin biokomponenttina.

Laitoksen etanolintuotantoprosessista syntyvät jätevedet ja haihturin konsentraatti syötetään biokaasureaktoriin, jotta jäteveden orgaanista kuormaa saadaan pienennettyä. Biokaasun tuotannolla saadaan aikaan jopa 90-99 % BOD -reduktio. Tuotteena syntyvä biokaasu käytetään sähkön- ja lämmöntuotantoon.

Mädätysjäännös ajetaan dekanterilingolle kiintoaineen erotteluun, jolloin saadaan humusmassaa. Linkouksen jälkeen liete käsitellään MVR-haihturilla. Haihturilla lietettä kuivataan edelleen, jolloin saadaan rejektivettä ja viemärintikelpoista jätevettä. Jätevedet ohjataan HS-Vesi Oy:n Paroisten jätevedenpuhdistamolle.

Lingolla erotettu humusmassa ja MVR-haihturin konsentroitunut rejektivesi sisältävät muun muassa typpeä, joten ne toimitetaan pelto- ja puutarhakäyttöön lannoitteeksi ja maanparannusaineeksi.

Laitoskokonaisuus on suunniteltu BAT-periaatteita noudattaen ja toiminnassa huomioidaan ympäristöystävällisyys ja energiatehokkuus. Bionolix™ -prosessille on myös tehty Suomen ympäristökeskuksen POLKU (Polttokelpoisten jätteiden hyödyntäminen ympäristö- ja kustannusvaikutusten kannalta) -tarkastelu. (Etelä-Suomen Aluehallintovirasto 2012.)

### 3 UUSIUTUVA ENERGIA

#### 3.1 Päästötavoitteet

Päästöjä pyritään vähentämään jatkuvasti, joten valtiot tekevät yhteisiä linjauksia tavoitteiden toteuttamiseksi. Euroopan Unionin vuonna 2007 asettama 20-20-20 tavoite velvoittaa sen jäsenmaat vähentämään kasvihuonepäästöjä, kasvattamaan uusiutuvan energian käyttöä sekä parantamaan energiatehokkuuttaan, jokaista 20 % vuoteen 2020 mennessä.

Osana jatkuvaa hiilidioksidin vähentämistä Euroopan Unioni on asettanut jäsenmailleen tavoitteen, jonka mukaan vuoteen 2020 mennessä liikenteen käyttämästä polttoaineesta 10 % tulee olla valmistettu uusiutuvista lähteistä, kuten biopohjaisista raaka-aineista. Lisäksi jäsenmaat asettavat itselleen kansallisia tavoitteita. Esimerkiksi Suomi on kiristänyt tavoitettaan uusiutuvan energian osuutta liikennekäytössä 20 prosenttiin.

Vuoden 2020 tavoitteet ollaan saavuttamassa, mutta ilmastotoimia tulee edelleen kiristää, sillä vuoden 2030 tavoitteeksi on EU:ssa asetettu kasvihuonepäästöjen vähentäminen 40 prosenttia vuoden 1990 tasosta. (Ympäristöministeriö 2016; Euroopan komissio 2017.)

Biopolttoaineiden tulee myös olla tuotettu kestävän kehityksen periaatteiden mukaisesti. Useat valtiot myöntävätkin tukea näitä periaatteita noudattaville uusiutuvan energian tuottajille.

#### 3.2 Bioetanoli

Pääosa maailman liikenteen polttoaineista on nestemäistä. Jakeluverkkojen ja autokannan hyödyntäessä niitä päästötavoitteisiin pyritään ensisijaisesti kehittämällä nestemäistä polttoainetta energiatehokkaammaksi ja ympäristöystävällisemmäksi. Uudet vaihtoehtoiset polttoaineet vaativat suuria investointeja niin polttoaineen kehityksessä kuin infrastruktuurissa, joten kehitys on hidasta.

Etanoli on maailman tunnetuinta ja käytetyintä biopolttoainetta. Sen käyttö autoilussa tuottaa jopa 80 % vähemmän päästöjä fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna, sillä tuotantoon voidaan käyttää uusiutuvaa energiaa ja raaka-aineena jätettä. (Aho, M 2014.)

Bioetanolin tuotanto on perinteisesti painottunut Etelä-Amerikkaan, etenkin paljon sokeri-ruokoa kasvattavaan Brasiliaan. Energiatehokkuuden merkitystä päästöjen vähentämisessä painotetaan paljon, joten kotimaisista raaka-aineista syntyperämaassaan tuotettua uusiutuvaa energiaa lisätään jatkuvasti. (Öljy- ja biopolttoaineala ry 2018.)

Niin sanotun ensimmäisen sukupolven bioetanolin tuotanto on nykyään vähenemässä, sillä paljon kasvutilaa vaativat ja elintarvikkeeksikin soveltuvat raaka-aineet, kuten maissi ja sokeriruoko, eivät ole nykyisten kestävän kehityksen periaatteiden mukaisia, etanolin tuotannon raaka-aineita. (Motiva 2017a.)

Toisen sukupolven raaka-aineita ovat muun muassa yhdyskuntabiojätteet ja teollisuuden eloperäiset jätteet. Teollisuuden eri sivuvirtojen hyödyntämistä tutkitaan jatkuvasti ja esimerkiksi leipomo- ja elintarviketeollisuuden sekä metsäteollisuuden sokeripitoiset sivuvirrat ovat lähivuosina yleistyneet bioetanolin raaka-aineena. (Motiva 2017a.)

## 4 VEDENKÄYTTÖ TEOLLISUUDESSA

### 4.1 Vedenkäyttö ja sen sääntely

Väestönkasvun jatkuessa myös luonnonvarojen käyttö lisääntyy koko ajan. Veden ollessa yksi tärkeimmistä luonnonvaroista, on äärimmäisen tärkeää, että sitä käytetään vastuullisesti. (Liu, Singh & Wong 2012, 1.)

Vedenkäytön arvioidaan lisääntyvän maailmassa noin 55 % vuoteen 2050 mennessä. Pääosa vedenkäytön lisääntymisestä tulee valmistus- ja tuotantoprosessien vaatimasta kasvusta. Makean veden käytön lisääntyessä, kasvaa uhka sen loppumisesta. (Unesco 2014, 2.)

Maatalouden jälkeen eniten vettä käyttää teollisuus. Noin 20 % maailman makean veden kulutuksesta kohdistuu tällä hetkellä teollisuuteen. Suurimpina teollisuuden vedenkuluttajina Suomessa ovat muun muassa paperi- ja metalliteollisuudet sekä voimalaitokset. (Suomen YK-Liitto 2018.)

Prosessin toimiessa vedenkäyttöä ei välttämättä koeta tarpeelliseksi tutkia. Vedenkäytön optimointia motivoidaan kuitenkin enenevissä määrin, muun muassa kasvavien vedenjakelu- ja jätevedenkäsittelykustannusten kautta. (Liu 2012, 14.)

Prosessien tuotantomäärän kasvaessa myös vedenkäyttö lisääntyy. Raakavesi joudutaan monissa laitoksissa puhdistamaan ennen käyttöä, mikä lisää kemikaalimäärää ja näin ollen kustannuksia. Myös tiukentuvat laatuvaatimukset lisäävät vedenkäyttöä suuremman pesumäärän kautta. (Liu 2012.)

Riippuen vesilähteestä veden, höyryn ja jäähdytysveden hankinta tuottaa huomattavia kustannuksia isoissa tuotantolaitoksissa. Lisäksi laitoksissa tapahtuu vesihäviötä muun muassa lämpötilaeroista johtuvan haihtumisen ja kondensoitumisen seurauksena.

Vedenkäytön vähentäminen tuo useita hyötyjä, niin ympäristölle kuin yrityksillekin. Vesi maksaa teollisuuden yrityksille huomattavia summia, koska sitä käytetään niin paljon. Suuri vesimäärä vie tuotantolaitoksen kapasiteettia, jolloin esimerkiksi raaka-aineen vastaanottoa joudutaan rajoittamaan. Lisääntynyt vedenkäyttö kasvattaa myös jätevesimäärää. (Liu 2012, 14.)

Jätevedet johdetaan yleensä jätevedenpuhdistamolle, joiden kapasiteetti on rajallinen. Jätevesivirtauksen yllättävä kasvu koettelee puhdistamoa, esimerkiksi hapentarpeen yllättäen lisääntyessä aerobisessa käsittelyssä. Tämän takia puhdistamot usein veloittavatkin

näistä tilanteista huomattavasti normaalivirtausta enemmän. Jätevesimäärän kasvattaminen saattaa jopa aiheuttaa puhdistamolle laajennustarpeita. (Pellerin & Woodhull 2005.)

Jätevettä kannattaa pyrkiä vähentämään ja hyötykäyttämään, esimerkiksi tutkimalla uudelleenkäyttö- ja kierrätysmahdollisuuksia. Usein muun muassa lauhteet ajetaan suoraan viemäriin, vaikka niitä pystyttäisiin hyödyntämään. (Pellerin & Woodhull 2005.)

Luotettava mittaaminen on sen antaman datan hyötykäytön edellytys. Mittauspisteiden ja mittareiden valinnalla, mitoituksella ja asennuksella sekä käytönaikaisella kunnossapidolla varmistetaan mittausdatan luotettavuus. (Motiva 2012b.)

Energiatehokkuuden lisäämiseen liittyy kulutuksen mittaamisen ja sen kehittämisen lisäksi olennaisesti myös saadun informaation käsittely ja käyttöönotto. Mittaustietojen keräämisen jälkeen tuotettua dataa on syytä seurata ja raportoida, mahdollisimman tehokkaan jatkokehityksen takaamiseksi. Kulutuksen mittaamisella luonnollisesti pystytään havainnoimaan muun muassa kohteet, joissa kulutus on tarpeettoman suurta ja luomaan yleiskuva energiankulutuksesta. Ilman datan raportointia ja käsittelyä käytettävään muotoon, sitä ei kuitenkaan pystytä hyödyntämään optimaalisesti. Kokonaisvaltainen prosessin kehittäminen ja investointien ohjaaminen, saadun datan perusteella, luo toimijalle säästöä. Lisäksi raportointia hyödynnetään muun muassa ympäristö- tai energiatehokkuusvuosiraportissa ja laskutuksessa. (Motiva 2012b.)

## 4.2 Vedenkäyttö tuotantolaitoksissa

Liiallinen vedenkäyttö aiheuttaa laitoksissa suuria haasteita. Vaikkakin matalamman kiintoainepitoisuuden omaavaa liuosta on putkiston ja sen laitteiden (muun muassa pumput ja kuljettimet) kannalta helpompi ajaa, on liiallinen laimennosveden ajaminen energiatehokkuuden ja laitoksen kapasiteetin näkökulmasta epäsuotavaa.

Kun laimennosvettä ajetaan jo laitoksen alkupäähän, raaka-aineen sekaan, viedään myös myöhemmiltä prosessivaiheilta huomattavia määriä kapasiteettia. Lisäksi esimerkiksi bioetanoliprosessissa alkupäähän ajettavaa vettä joudutaan lämmittämään, joten suuren vesimäärän lämmittäminen vie paljon ylimääräistä energiaa. Tämä johtaa lämmitysenergia- ja vesikustannuksien tarpeettomaan nousuun.

Vedenkäytön vähentämisellä pystytään muun muassa kasvattamaan bioetanolilaitoksen raaka-aineen vastaanottomäärää. Näin ollen suurempi määrä tuotettua etanolia sivuvirtoitteeseen, nostaa laitoksen taloudellista tuottoa.

Lisäksi vesi aiheuttaa teollisuudelle huomattavia kustannuksia. Raakaveden ostaminen kunnalliselta toimijalta on isoissa tuotantolaitoksissa suuri kuluerä. Vettä saatetaan joutua

esikäsittelmään muun muassa paperiteollisuuden prosesseissa, joka omalta osaltaan lisää kustannuksia edelleen.

Teolliset toimijat joutuvat usein käsittelemään ainakin osaa jätevesistään itse saavuttaakseen lupaehdot. Pienemmällä jätevesimäärällä pystytään vähentämään käsittelykemikaalien käyttöä ja siitä aiheutuvia ympäristökuormituksia sekä kustannuksia. Jäteveden ohjaaminen jätevedenkäsittelylaitokselle maksaa yrityksille huomattavasti riippuen sen määrästä ja sisältämistä epäpuhtauksista.

## 5 VESITASELASKENTA TUOTANNON TUKENA

### 5.1 Hyödyt

Vesitaselaskenta kattaa tuotantolaitokselle tulevan veden ja sieltä lähtevän veden. Lisäksi tutkimuksen kohteina ovat laitoksen sisäiset kierrot.

Mittaroinnilla pystytään havaitsemaan reilusti vettä kuluttavia kohteita, jonka avulla ope-  
rintia voidaan optimoida. Näin vettä kulutetaan vähemmän ja samalla tuotetaan vähem-  
män jätevettä. Mittareiden avulla pystytään myös havaitsemaan mahdollisia vesihäviöitä,  
jotka osaltaan heikentävät prosessin toimintaa ja laitoksen energiatehokkuutta. Myös pro-  
session ongelmien syntyperän havaitseminen helpottuu, kun reaaliaikainen mittarointi on  
kunnossa, jolloin ongelmiin pystytään reagoimaan nopeammin ja tarkemmin. (Pham, Mai,  
Pham, Hoang, Nguyen & Pham 2016.)

Tulevissa tuotannon kehitysprojekteissa pystytään korjaamaan vesitasetutkimuksessa ha-  
vaittuja ongelma- ja kehityskohteita. Mahdollista laitoslajennusta suunniteltaessa, vesita-  
setutkimuksessa kartoitetut veden kierrätyksen mahdollisuudet pystytään ottamaan käyt-  
töön ja kokonaan uutta laitosta suunniteltaessa, koko prosessin vedenkäyttöön liittyvät on-  
gelmat voidaan välttää ja vedenkäyttö optimoida, aikaisemman tutkimuksen avulla. (Glo-  
bal Environmental Management Initiative 2018.)

Vedenkäyttöön liittyvien säädösten johdosta, teollisuuden toimijoilta vaaditaan jatkuvasti  
enemmän tietoa omasta prosessistaan, joten vesitasetutkimus on tärkeä työkalu myös ul-  
koisten toimijoiden, kuten ympäristöviranomaisten kanssa keskusteltaessa. Ympäristöra-  
portit kattavat myös kulutetun veden ja jäteveden määrän, joten yrityksillä täytyy olla käsi-  
tys vedenkäytöstään. (Global Environmental Management Initiative 2018.)

### 5.2 Käytetyt menetelmät

Pohjatyönä taselaskennalle tulee tehdä laskennan kohteena olevan järjestelmän raja-  
us. Tutkimus voidaan keskittää joko tietylle prosessin osa-alueelle, tai vaihtoehtoisesti tutkia  
koko tuotantoprosessin tasetta. Kun alue on selvästi rajattu, on tulevien, lähtevien ja si-  
säisten virtausten tutkiminen mielekkäämpää. Tässä opinnäytetyössä tutkittiin koko Hä-  
meenlinnan Bionolix<sup>TM</sup> –tuotantolaitoksen sekä sen yhteydessä toimivan biokaasulaitok-  
sen vesitasetta.

Yrityksessä oli tehty vuonna 2016 tehty taselaskenta projekti-insinöörin toimesta, teoreet-  
tisten ohjearvojen pohjalta. Siinä esimerkiksi laimennosvesimäärät pohjautuivat suunnitel-  
tuihin raaka-ainemääriin, eikä toteumaan. Teoreettista tasetta käytettiin tässä työssä

muun muassa laskentatyökaluna ja tutkimuskohteiden kartoituksen tukena. Laskemalla ja arvioimalla saatua toteumaa verrattiin teoreettiseen taseeseen.

Kartoitustyön yhtenä oleellisena osana tutkittiin piirikaavioita, joista selvitettiin vettä kuluttavat kohteet, sisäiset kierrot, höyryjärjestelmä sekä mittaroinnit. Piirikaavioiden lisäksi virtauskohteiden tutkimisessa käytettiin apuna prosessinajo-ohjelmistoa. Jatkuvasti tehtävistä prosessimuutoksista huolimatta, piirikaavioiden havaittiin olevan ajantasaisia, joka helpotti työn suorittamista huomattavasti.

Kenttäkierroksilla tarkastettiin prosessien ja piirikaavioiden yhdenmukaisuutta, selvitettiin virtauskohteita muun muassa tiivisteveden paluulinjojen osalta, sekä tarkistettiin mittarointeja. Tiivistevesimäärien laskemisessa käytettiin pumppujen tiivistevesilinjoihin kiinnitettyjen rotametrien arvoja.

Jotta tuloksista saataisiin mahdollisimman todenmukaisia, on tutkimukselle valittava jokin ajanjakso, jolloin prosessin toiminta ja tätä kautta vedenkäyttö olisi mahdollisimman tasaista. Hämeenlinnan tuotantolaitoksen vesitasetta tutkittiin vuoden 2017 lukemien perusteella. Kokonaista vuotta tutkittaessa, satunnaiset epätasaisuudet prosessin toiminnassa eivät vaikuta lopputuloksiin väärentävästi.

Toteutuneet vedenkulutus- ja jätevedentuottolukemat saatiin vuosittain tehtävästä ympäristöraportista, johon oli kirjattu myös tuote- ja sivutuotevirrat sekä jätemäärät jakeittain. Höyryntuotantoon johdettu vesimäärä saatiin sähköpostitse kattilasta vastaavalta toimijalta.

Käyttö- ja kulutuskohteista luodun hahmotelman perusteella, voitiin toteutuneista lukemista vähentää kulutuskohteiden ja sivuvirtojen mukana lähteviä vesimääriä. Mittarien puuttumisen takia kulutukset pääosin laskettiin, muun muassa pumppujen käyntitietoja ja tehoja sekä venttiilien aukioloaikoja apuna käyttäen. Kulutuksia jouduttiin myös suurelta osin arvioimaan, joten ne aiheuttavat tuloksiin vääristymää. Arvioinnit tehtiin haastattelujen sekä omien havaintojen perusteella.

Lukemat syötettiin Excel:iin, jossa pystyttiin vertailemaan teoreettista tasetta ja toteumaa sekä tarkastelemaan eri osaprosessien muutoksista aiheutuvia vesimäärän muutoksia. Jo prosenttiyksikön muutos kuiva-ainepitoisuudessa muuttaa käytettävää laimennosveden määrää huomattavasti (taulukko 1). Laitosvastaavien päivittäin ottamista näytteistä saatuja kuiva-ainepitoisuuksia käytettiin laimennosvesimäärien tutkimiseen.



Taulukko 1. Eri raaka-aineiden laimennosvesimäärän kasvu kuiva-ainepitoisuuden muuttuessa.

Raaka-aine	Raaka-aineen määrä	Kuiva-ainepitoisuus aluksi	Kuiva-ainepitoisuus lopuksi	Laimennosveden määrä
Melassi	1000 kg	55 %	20 % (tavoite)	1750 kg (tavoite)
			19 %	1895 kg (+8,3%)
			18 %	2056 kg (+17,5%)
Biojäte	1000 kg	33 %	20 % (tavoite)	650 kg (tavoite)
			19 %	737 kg (+13,4%)
			18 %	833 kg (+28,2%)

## 6 BIONOLIX™ –LAITOKSEN VEDENKÄYTTÖ

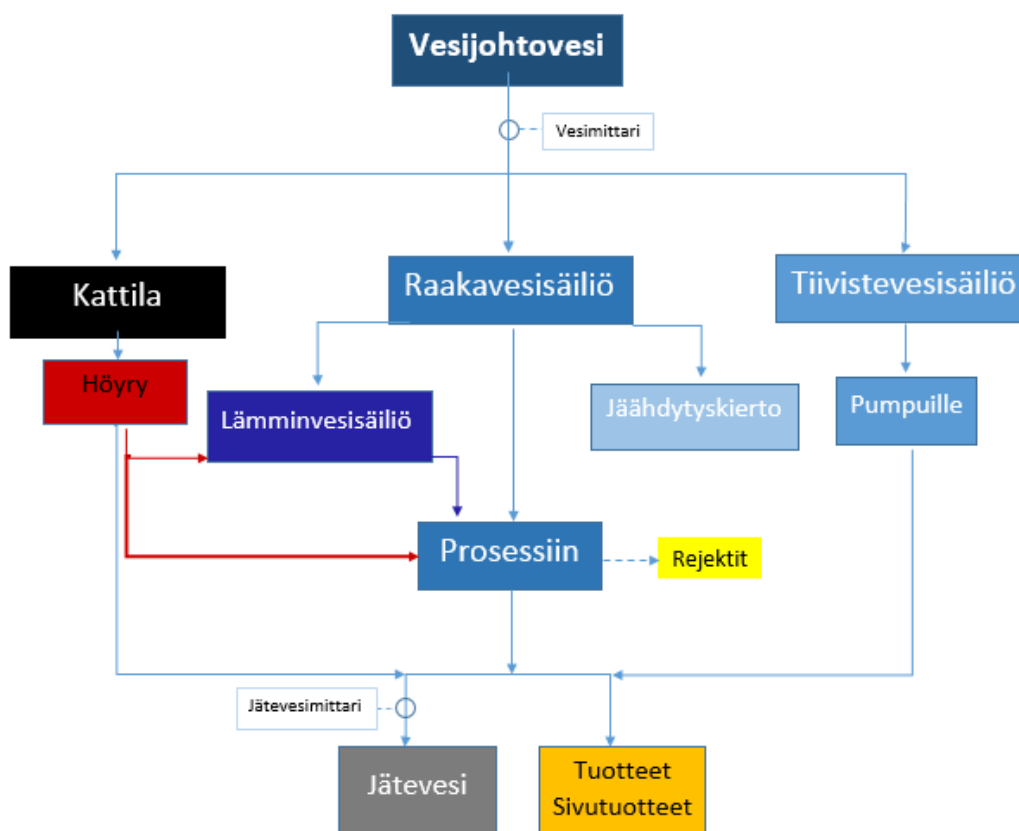
### 6.1 Tulevat virtaamat

#### 6.1.1 Raaka-aineet ja kemikaalit

Laitokselle tulevista nestevirroista suurimman osan kattaa höyry ja raakavesi. Lisäksi vettä tulee raaka-aineen mukana. Muun muassa nestemäinen melassi sisältää runsaasti vettä. Myös erilaisten prosessissa käytettävien apuaineiden, esimerkiksi hiivan ja entsyymien sekä kemikaalien mukana prosessiin tulee vettä.

#### 6.1.2 Raakavesi

Raakavettä Bionolix™ –laitokselle johdetaan vesimittarin kautta, kaupungin vesijohtoverkosta (kuvio 2). Vettä pyritään kierrättämään prosessissa, sen kulutuksen vähentämiseksi.



Kuvio 2. Tuotantolaitoksen vesikaavio.

Laitos käyttää vettä raaka-aineen laimennokseen. Prosessin ja sen laitteiden oikeanlainen toiminta edellyttää tiettyjä kuiva-ainepitoisuuksia sekä lämpötiloja, joten laimennosveden määrää ja sen oikeaa käyttösuhdetta tutkitaan päivittäin muun muassa lietteen kuiva-ainemittauksilla. Laimennosvetenä käytetään sekä kylmää vesijohtovettä että lämmitettyä

vettä. Vettä lämmitetään suora höyryllä ja prosessin hukkalämpöä hyödyntäen. Vastaanotettava melassi on tahmeaa, joten sen laimentamisen lisäksi myös siirtolinjojen huuhteluun käytetään lämmintä vettä.

Raaka-aineen lämmityksen lisäksi vettä käytetään prosessin jäähdyttämiseen. Lämmönvaihtimissa kiertävän jäähdytysveden avulla saadaan toteutettua eri prosessivaiheiden vaatimat lämpötilamuutokset. Esimerkiksi hydrolyysistä fermentointiin siirryttäessä, lietettä joudutaan jäähdyttämään huomattavasti. Lisäksi muun muassa laitoksen sähkötilojen lämpötilat voivat suuresta kuormituksesta johtuen nousta, jolloin niitä voidaan jäähdyttää lisää vesikierron avulla.

Laitoksen putkistoja huuhdellaan jatkuvasti, jolla pyritään parantamaan hygieniää ja näin välttämään kontaminaatioita sekä optimoimaan prosessin toimintaa. Vaikka huuhteluun päivittäin käytetty vesimäärä on vain muutamia kuutioita, päivittäin tehtynä ne näkyvät kuitenkin vuotuisessa vedenkäytössä.

Myös laitoksen sisätilojen lattioita ja seiniä huuhdellaan, esimerkiksi prosessilaitteiden huollosta aiheutuvista likaantumisista johtuen. Lisäksi raaka-aineen vastaanottoa on biojätteen luonteesta johtuen huuhdeltava usein. Tilojen huuhteluvedet johdetaan viemärinen kautta jäteveiteen ja linjojen huuhteluvedet päätyvät prosessin mukana jäteveiteen sekä tuotteisiin.

Raakavettä käytetään myös pumppujen tiivistevedeksi. Valtaosassa pumpuista on tiivisteveden paluulinja, jossa pumpulla käynyt vesi kiertää takaisin tiivistevesisäiliöön. Riippuen käytettävistä tiivisteveden ja pumpattavan aineen paineista sekä lämpötiloista, pumpuilla tapahtuu kuitenkin tiivistevesihäviötä. Osasta pumpuista käytetty tiivistevesi myös johdetaan lattiakanaalin kautta jäteveiteen.

Vettä kuluu lisäksi pieniä määriä saniteettiin, lingon toimintaa parantavan polymeerin liuotukseen, sekä kaasunpesurille, joka haihduttaa osan ottamastaan vedestä.

### 6.1.3 Höyry

Hämeenlinnan bioetanolilaitoksella höyryn tuottaa ulkoinen toimija. Höyry valmistetaan monipolttoainekattilalla, joka käyttää muun muassa viiluhaketta ja pellettiä. Höyrynvalmistukseen käytettävä vesi ohjataan kattilalle Bionolix<sup>TM</sup> –laitoksen vesimittarin kautta. Vuotuinen vesimäärä höyrynvalmistukseen on lähes kolmasosan koko laitoksen vedenkulutuksesta.

Höyryä käytetään muun muassa laitoksen käyttöveden lämmittämiseen. Lämmintä vettä vaaditaan prosessin alkupäähän, jossa raaka-ainetta laimennetaan sopivaan kuiva-ainepitoisuuteen ja valmistellaan seuraavia prosessivaiheita varten. Näin liete saadaan myös esilämmitettyä hygienisointia ja hydrolyysiä varten, jolloin sinne syötettävää höyrymäärää voidaan vähentää. Hydrolyysissä höyryä käytetään lämpötilan säätämiseen sopivaksi, jotta entsyymit toimisivat oikein ja raaka-aineen sokereista mahdollisimman suuri osuus saataisiin pilkottua hiivalle sopivaksi.

Yksi ylimääräisestä vedestä eniten kärsivistä osaprosesseista bioetanolilaitoksella on käymisliuoksen etanolinhaihdutus. Etanolin haihduttaminen käymisliuoksesta vaatii huomattavasti energiaa, korkeasta haihdutuslämpötilasta johtuen. Lämpöenergian tuottaminen on kallis prosessi, sillä se tuotetaan haihturille höyryllä. Käymisliuoksen eli haihturin syötteen ja vaadittavan haihdutuslämmön ero on huomattava, joten syötettä on myös lämmitettävä ennen sen varsinaista höyrystämistä. (Pihkala, J 2013.)

Lämmitysenergiaa vaaditaan lisäksi etanolivesiseoksen tislaamisessa. Energiantarvetta pyritään vähentämään tislauskolonnin alipaineella, mutta ylimääräinen veden lämmittäminen ja haihduttaminen aiheuttaa turhaa energiankulutusta.

Todella suuri höyrynkulutuskohde on MVR-haihturi. MVR:lla bioliete kuivataan, jolloin tuloksena syntyy viemärintikelpoista jätevettä sekä haihdutusjäännös, joka sisältää muun muassa typpeä. MVR käy lähes jatkuvasti täydellä teholla, vaikka ennen haihturia lietteestä poistetaankin kuiva-ainetta dekantterilingolla. Haihturilla kuivaaminen on kallis prosessi, johtuen sen vaatimasta ajasta ja suuresta lämpöenergiasta (Pihkala, J 2013). Höyryllä varmistetaan haihturin syötteen riittävä lämpötila. Lisäksi MVR-puhaltimen akselitivistys on hoidettu höyryllä. MVR-haihturilla syntyviä lauhteita hyödynnetään CIP-pesuissa. CIP-pesusäiliöön ohjataan myös suora höyryä.

## 6.2 Lähtevät virtaamat

### 6.2.1 Tuotteet ja sivutuotteet

Tuotetun noin 87-prosenttisen etanolin mukana laitoksesta poistuu jonkin verran myös vettä. Lopullinen vedenpoisto eli väkevöinti suoritetaan keskitetysti Haminan absolutointilaitoksella.

Lisäksi prosessista syntyy sivutuotteita, kuten linkouksella vedestä erotettua humusmassaa sekä MVR-haihturin konsentroitua rejektivettä, joita käytetään maanparannusaineena ja lannoitteena. Nämä sivutuotteet sisältävät huomattavia määriä vettä.

### 6.2.2 Rejektit ja jätevesi

Hämeenlinnan tuotantolaitoksen jätevesi johdetaan HS-Vesi Oy:n Paroisten jätevedenpuhdistamolle. Prosessista syntyvän jäteveden laatua parannetaan biokaasulaitoksen mädätyksellä sekä MVR-haihturilla. Näin jätevedestä saadaan erotettua kiintoainetta.

Laitoksen suuresta höyrynkulutuksesta ja lämpötilaeroista johtuen, prosessissa muodostuu huomattava määrä lauhhteita. Suuresta osasta höyrynkulutusta vastaavan MVR-haihturin lauhdetta hyödynnetään CIP-pesuihin. Lauhdetta on myös mahdollista hyödyntää biokaasulaitoksella ja polymeerin liuotuksessa, mutta puhtaan veden on havaittu toimivan paremmin. Loput lauhteet ohjataan viemäriin.

Laitokselta poistuu vettä myös prosessissa syntyvien rejektien ja jätteiden mukana. Kiintorankki sekä epäkurantit sivutuotteet sisältävät huomattavia määriä kosteutta ja pieniä määriä nestettä poistuu myös muovien mukana.

## 7 TULOKSET

### 7.1 Vedenkäyttökohteiden kartoitus

Vesi jakautuu laitoksen vesimittarin jälkeen ulkoiselle monipolttoainekattilalle sekä laitoksen tiivistevesisäiliöön ja raakavesisäiliöön (kuvio 2). Säiliöistä vesi jakautuu edelleen osaprosesseille ja prosessilaitteille.

Hämeenlinnan Bionlix™ –tuotantolaitoksen piirikaavioita tutkittaessa niissä ei havaittu suuria puutteita tai virheitä tämän hetkiseen tilanteeseen verrattuna, vaan prosessiin liittyvät, lähiaikoina tehdyt muutokset, oli kirjattu myös kaavioihin ajantasaisiksi.

Vesikartoitusta tehdessä havaittiin, ettei vesimääriä kuitenkaan mittaroida kuin pienessä osassa prosessia. Tulevan ja lähtevän veden mittaroinnin lisäksi, laitoksessa on vain kaksi muuta vesimittaria. Näillä mitataan esikäsitteilyn ja hydrolyysin laimennosmääriä.

### 7.2 Taseen tarkastus

Työn pohjana käytettyä teoreettista taselaskelmaa tutkittaessa, havaittiin jo alkuvaiheessa sen olevan puutteellinen, etenkin laitokselle tulevan veden suhteen. Suuren osan laitoksen vedenkäytöstä kattava, ulkoisen toimijan ylläpitämä monipolttoainekattila, puuttui teoreettisesta taseesta. Sen tuottama höyry oli laskennassa huomioitu tulevaksi virraksi, mutta itse vedenotto kattilalle puuttui, jolloin vedenkulutuksen lukema vaikutti pienemmältä kuin todellisuudessa on. Höyryntuotannossa syntyy myös lauheteita, joten kattilalle menevä vesimäärä on suurempi kuin kattilalta tuleva höyrymäärä.

Raaka-aineen määrät oli teoreettiseen taseeseen kirjattu toteumasta eroten, joten niiden mukana tuleva neste, sekä niiden laimennokseen käytettävä vesimäärä eroavat toteumasta jonkin verran. Muun muassa raaka-ainemääristä riippuvainen jätteiden ja sivuvirtojen määrä sekä niiden mukana poistuva neste eroavat näin ollen toteumasta.

Lisäksi kuilua kasvatti hydrolyysin laimennosvesi. Vettä otetaan kyseiseen prosessivaiheeseen vain tarvittaessa, joten sen määrä oli teoreettisessa taseessa kirjattu 0:ksi. Todellisuudessa hydrolyysiin kuitenkin ajetaan laimennosvettä.

Tiivistevesiä ei teoreettisessa taseessa ollut huomioitu. Vaikka monen pumpun tiivistevedelle onkin paluulinja, eli tiivistevedettä kierrätetään, olisi laskennassa syytä huomioda käytetty tiivistevesimäärä kokonaisuutena, kattaen sekä viemäriin kulkeutuvan että häviöistä johtuvan kulutuksen.

Lisäksi biokaasulaitoksen reaktorille ja kaasunpesurille ajettavaa vettä ei laskennasta löydetty. Kartoituksessa havaittiin, että osa reaktorin laimennosvedestä saadaan muun muassa MVR-haihturin lauhteesta ja osa otetaan käyttövesiverkosta. Kaasunpesurin haihdutama vesimäärä ei kokonaistaseessa ole merkittävässä roolissa, mutta sen puuttuminen havaittiin. Myös dekanterilingolle ajettavan polymeerin liuotukseen käytettävä vesi puuttui teoreettisesta laskennasta.

Laitoksen sisätilojen sekä prosessilaitteiston huuhtelu- ja pesuvedet oli jätetty myös teoreettisen laskelman ulkopuolelle. Lisäksi laitoksen saniteettivedet, joita lähes jatkuvasti miehitetyllä laitoksella syntyy arviolta satoja litroja päivittäin, puuttuivat taseesta. Yhteenlaskettuna nämä vedet ovat vuositasolla merkittävässä roolissa laitoksen vedenkäytössä.

Kaiken kaikkiaan teoreettisesta taseesta havaittiin puuttuvan lähes neljäsosa tulevista virtauksista. Toisaalta myös lähtevien virtauksien summa oli arvioista johtuen liian pieni.

### 7.3 Kehityskohteet

Työn aikana havaittiin suuren osan lauhteista kulkeutuvan viemäriin. Lauhteiden lämpöarvon takia, niiden hyötykäyttöä paljon lämmitysenergiaa vaativissa kohteissa olisi syytä tutkia. Esimerkiksi raaka-aineen laimennokseen käytettävän veden lämmitykseen voitaisiin käyttää lauhdetta, sen sijaan, että vettä lämmitettäisiin suoraan höyryllä.

Höyrynkulutuksen optimointia olisi syytä tutkia kokonaisuudessaan. Lämmitysenergiaa vaativissa osaprosesseissa, kuten hydrolyysissä, lämmitystarvetta voitaisiin kattaa hyödyntäen enemmän lämpötilariippuvaisia prosessin alueita, kuten haihdutusta ja tislausta. Höyrynkulutusta pienentämällä myös vedenkulutus laskisi, ja korkeasta hinnastaan johtuen, höyrymäärän laskemisella on huomattavaa taloudellista säästöpotentiaalia.

Mittaroinnin parantamisella lauhdemäärien ja etenkin höyrynkulutuskohdeiden suhteen, voitaisiin prosessin energiatehokkuutta nostaa kulutuksen optimoinnin johdosta. Myös lämpimän veden käyttöä tulisi mittaroida, sillä tulevaisuudessa sen kulutus tulee lisääntymään, raaka-ainemäärien suhteiden muuttuessa.

Toisen haihturin avulla voitaisiin konsentraatin kuiva-ainepitoisuutta nostaa edelleen ja samalla saataisiin konsentraattiin mahdollisesti jäävää etanolia paremmin talteen. Myös MVR-haihturille ajettavan veden määrä laskisi korkeamman kuiva-aineen johdosta.

Tiivistevesien kierrätyksen parantaminen vähentäisi puhtaan veden kulutusta, pienentäen näin myös bioetanolilaitoksen jätevesimäärää. Veden vaihtumattomuudesta aiheutuvaa

limoittumista voitaisiin vähentää muun muassa hygienisoivilla aineilla, kuten vetyperoksidilla. Suoraa vedenkulutusta vähentämällä, muun muassa tiivistevesien osalta, laitospokokaisuuden vedenottoa voitaisiin laskea arviolta jopa yli 10 %.

Säiliöiden ja linjojen pesu-/huuhteluvedet johdetaan tällä hetkellä prosessiin, joka aiheuttaa ylimääräistä kuormitusta prosessin loppuvaiheille, kuten lingolle ja MVR-haihturille. MVR-haihturin kuormitusta voitaisiin ylipäätään vähentää ajamalla bioetanolilaitoksen puhtaita jätevesiä, suoraan jätevesiin, haihturin sijasta.



## 8 YHTEENVETO

Vaikka veden riittävyys ei tällä hetkellä ole Suomen sisäinen haaste, globaaliin ongelmaan tulee suhtautua sen edellyttämällä vakavuudella. Optimoimalla vedenkäyttöä teollisuuden sektorilla, pystytään Suomessa luomaan merkittäviä vähennyksiä maamme kokonaisvedenkulutukseen.

Raakaveden ottoa vähentämällä saadaan suorien taloudellisten säästöjen lisäksi luotua yrityksille nykyaikana äärimmäisen merkityksellistä, ympäristöystävällistä imagoa. Ympäristöystävällisyys ja kestävä kehityksen mukainen toiminta ovat myös globaalissa kilpailussa suomalaisten yritysten valttikortteja.

Jätevedenkäsittelykustannukset ovat riippuvaisia puhdistamoille johdettavasta määrästä sekä veden sisältämistä pitoisuuksista. Kiinto- ja ravinneaineiden poistolla kustannuksia pystytään pienentämään, mutta kokonaisvaltaisella vedenkulutuksen optimoinnilla myös jätevesimäärä laskee.

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää St1 Renewable Energy Oy:n Hämeenlinnan bioetanolintuotantolaitoksen teoreettisesta vesitaseesta puutteita sekä kartoittaa laitosteknisen vedenkäytöstä potentiaalisia säästökohteita. Vedenkäyttöä vähentämällä laitoksen raaka-aineen vastaanottokapasiteettia voitaisiin nostaa, jolloin etanolintuotantomäärä kasvaisi sekä laitosteknisen energiatehokkuus paranisi.

Työn tuloksena havaittiin useita puutteita ja epäkohtia teoreettisessa taseessa ja näiden aiheuttaman eron todelliseen vedenkulutukseen. Laitoksessa tehdään jatkuvasti kehitysprojekteja ja raaka-ainemäärien suhteet muuttuvat, joten on loogista, ettei teoreettinen tase täysin vastaa tämänhetkistä toteumaa.

Laitokselle tuleva ja sieltä lähtevä vesimäärä näkyvät taseessa, mutta toteutuneen vedenkulutuksen yksityiskohtainen tutkiminen oli haastavaa, puutteellisesta mittaroinnista johtuen. Huomattavia määriä laitoksen sisäisistä kierroista jouduttiin arvioimaan, joten osaprosessien mahdollisia vesihäviöitä on näin ollen hankala havaita, eikä laskennan tuloksia voida pitää täysin todellisuutta vastaavina.

Kokonaisvedenkulutuksen kannalta merkittävimmät kohteet saatiin kartoitettua ja näiden optimoinnilla laitoksen kehityskohteiden priorisointi helpottuu. Kehitysehdotusten pohjalta laitoksen energiatehokkuutta voidaan parantaa, esimerkiksi höyrynkulutuksen optimoinnilla. Höyrynkäyttö on laitoksen merkittävin suoranaisesti veteen liittyvä menoerä, joten pienilläkin muutoksilla voidaan saada aikaan positiivisia taloudellisia vaikutuksia.

## LÄHTEET

- Aho, M. 2014. St1 tekee sahanpurusta liikenteen biopolttoainetta. Biotalous [viitattu 27.4.2018]. Saatavissa: <http://www.biotalous.fi/st1-tekee-sahanpurusta-liikenteen-biopolttoainetta/>
- Etelä-Suomen aluehallintovirasto. 2012. Ympäristölupapäätös. Aluehallintovirasto [viitattu 27.4.2018]. Saatavissa: [http://www.avi.fi/documents/10191/56816/esavi\\_paat\\_142\\_2012\\_1-2012-09-18.pdf](http://www.avi.fi/documents/10191/56816/esavi_paat_142_2012_1-2012-09-18.pdf)
- Euroopan komissio. 2017. Euroopan energiasiirtymä on päässyt hyvään vauhtiin. Euroopan komissio [viitattu 27.4.2018]. Saatavissa: [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-17-161\\_fi.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-17-161_fi.htm)
- Global Environmental Management Initiative. 2018. Using a "Water Balance" to Identify and Characterize Water Uses. GEMI [viitattu 27.4.2018]. Saatavissa: <http://gemi.org/water/ti.htm>
- Liu, Nicole. Singh, Ajit. Wong, Andy. 2012. Water Balance for Operability & Sustainability At Genentech's South San Francisco Campus. San Jose State University. Projektiraportti [viitattu 27.4.2018]. Saatavissa: [http://generalengineer.sjsu.edu/docs/pdf/mse\\_prj\\_rpts/spring2012/water\\_balance\\_for\\_operability\\_and\\_sustainability\\_at\\_genentechs\\_south\\_san\\_francisco\\_campus.pdf](http://generalengineer.sjsu.edu/docs/pdf/mse_prj_rpts/spring2012/water_balance_for_operability_and_sustainability_at_genentechs_south_san_francisco_campus.pdf)
- Motiva Oy. 2012b. Höyry-lauhdesiirtojärjestelmän energiatehokkuuden mittausopas. Motiva Oy. Energiatehokkuuden mittausopas 10/2012 [viitattu 27.4.2018]. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/files/6319/Hoyry-lauhdesiirtojarjestelman\\_energiatehokkuuden\\_mittausopas\\_verkkoon.pdf](https://www.motiva.fi/files/6319/Hoyry-lauhdesiirtojarjestelman_energiatehokkuuden_mittausopas_verkkoon.pdf)
- Motiva Oy. 2017a. Nestemäiset biopolttoaineet. Motiva [viitattu 27.4.2018]. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/bioenergia/nestemaiset\\_biopolttoaineet](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/nestemaiset_biopolttoaineet)
- Pellerin, Tabatha. Woodhull, John. 2005. Optimize Water Use. Chemical Processing [viitattu 27.4.2018]. Saatavissa: <https://www.chemicalprocessing.com/articles/2005/571/>
- Pham, Thanh Tuan. Mai, Thanh Dung. Pham, Tien Duc. Hoang, Minh Trang. Nguyen, Manh Khai. Pham, Thi Thuy. 2016. Industrial water mass balance as a tool for water management in industrial parks. Elsevier. Water Resources and Industry volume 13 [viitattu 27.4.2018]. Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212371716300221>

Pihkala, J. 2013. Prosessitekniikka – Prosessiteollisuuden yksikkö- ja tuotantoprosessit. Tampere: Suomen Yliopistopaino Oy.

St1 Biofuels Oy. 2018a. Company. St1 Oy [viitattu 27.4.2018]. Saatavissa:

<http://www.st1biofuels.com/company>

St1 Biofuels Oy. 2018b. Responsible solution. St1 Oy [viitattu 27.4.2018]. Saatavissa:

<http://www.st1biofuels.com/responsibility>

St1 Biofuels Oy. 2018c. Sustainable energy. St1 Oy [viitattu 27.4.2018]. Saatavissa:

<http://www.st1biofuels.com/sustainability>

St1 Nordic Oy. 2018. Company information. St1 Oy [viitattu 27.4.2018]. Saatavissa:

<http://www.st1.eu/company-information#key-figures-st1-nordic-oy>

St1 Oy. 2018a. St1 in Brief. St1 Oy [viitattu 27.4.2018]. Saatavissa: <http://www.st1.eu/st1-in-brief>

St1 Oy. 2018b. Uusiutuva energia. St1 Oy [viitattu 27.4.2018]. Saatavissa:

<http://www.st1.fi/uusiutuva-energia>

St1 Oy. 2018c. Kotitalouksien biojätteestä etanolia auton tankkiin. St1 Oy [viitattu

27.4.2018]. Saatavissa: <http://www.st1.fi/uutiset/tiedotteet/13190>

Suomen YK-liitto. 2018. Vesi. Suomen YK-liitto [viitattu 27.4.2018]. Saatavissa:

<http://www.ykliitto.fi/yk70v/ekologinen/vesi>

Unesco. 2014. Water and Energy volume 1. Unesco. Raportti [viitattu 27.4.2018]. Saata-

vissa: <http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002257/225741E.pdf>

Ympäristöministeriö. 2016. Euroopan unionin ilmastopolitiikka. Ympäristöministeriö [viitattu 27.4.2018]. Saatavissa:

[http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Ilmasto\\_ja\\_ilma/Ilmaston-muutoksen\\_hillitseminen/Euroopan\\_unionin\\_ilmastopolitiikka](http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Ilmasto_ja_ilma/Ilmaston-muutoksen_hillitseminen/Euroopan_unionin_ilmastopolitiikka)

Öljy- ja polttoaineala ry. 2018. Biopolttoaineet. Öljy- ja polttoaineala ry [viitattu 27.4.2018].

Saatavissa: <http://www.oil.fi/fi/ymparisto/biopolttoaineet>